

**LAMINATED-STRUCTURE ELECTRODE, FORMATION METHOD THEREFOR,
AND PIEZOELECTRIC ACTUATOR**

Patent Number: JP2001156351
Publication date: 2001-06-08
Inventor(s): AKIYAMA ZENICHI; AKETO JUN
Applicant(s): RICOH CO LTD;; NATL INST OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY
METI
Requested Patent: JP2001156351
Application
Number: JP19990336700 19991126
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L41/09; B81B3/00; H01L41/187; H01L41/22
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrode film comprising a film thickness optimized for preventing peeling at an piezoelectric film/electrode interface.

SOLUTION: A PZT piezoelectric ceramics particulate 13 is allowed to float in a carrier gas for aerosolization, which is jetted onto a substrate on a substrate holder 17 through a nozzle 15 at a high speed to form a film. A gas-deposition PZT piezoelectric ceramic shows a ferroelectric characteristics after the thermal process at 600 deg.C or above after deposition, while showing a piezoelectric characteristics after polarization thereafter. The substrate (base material) is required to have a strong adhesion with the gas-deposition PZT film. The adhesion between the gas-deposition film and the base material is provided by the uncurling effect wherein the collision particles get into the base material at an initial state. The thickness of base material electrode film (0.15 μ m or more) which allows sufficient engagement provides a strong adhesive force.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-156351

(P2001-156351A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 41/09		B 8 1 B 3/00	
B 8 1 B 3/00		H 0 1 L 41/08	L
H 0 1 L 41/187		41/18	1 0 1 D
41/22		41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-336700

(22)出願日 平成11年11月26日(1999. 11. 26)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(71)出願人 301000011

経済産業省産業技術総合研究所長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72)発明者 秋山 善一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 明渡 純

茨城県つくば市並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

(74)代理人 100079843

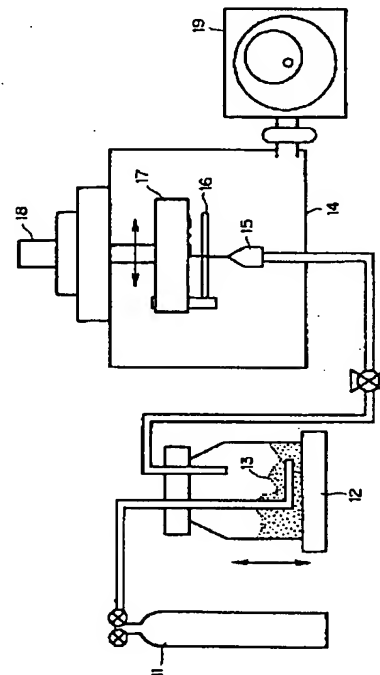
弁理士 高野 明近 (外5名)

(54)【発明の名称】 積層構造電極、その形成方法、及び圧電アクチュエータ

(57)【要約】

【課題】 圧電膜／電極界面での剥離を防ぐ為の適正化された膜厚からなる電極膜を提供する。

【解決手段】 P Z T圧電セラミックス微粒子13をキャリアガス中に浮遊させエアロゾル化し、このエアロゾルをノズル15により高速で基板ホルダー17上の基板上に噴射して膜形成する。ガスデポジションP Z T圧電セラミックスは、堆積後の600℃以上の熱処理による強誘電特性、その後の分極処理により圧電性が出現する。基板(下地)はガスデポジションP Z T膜と強固な密着力を発揮出来ることが要求される。ガスデポジション膜と下地との密着力は、初期における衝突粒子が下地に食い込むアンカーリング効果にて強固な密着がなされる。十分な食い込みを許容する下地電極膜厚(0.15 μm以上)とすることで、強固な密着力が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極膜を配置したSi基板上にガスデポジション法で圧電体膜を形成してなる積層構造電極において、前記電極膜は1種以上の材料からなり、膜厚が $0.15\mu\text{m}$ より厚いことを特徴とする積層構造電極。

【請求項2】 電極膜を配置したSi基板上にガスデポジション法で圧電体膜を形成してなる積層構造電極において、前記電極膜がPt材料で、かつ、粒径が $0.1\mu\text{m}$ 以上の粒組織からなることを特徴とする積層構造電極。

【請求項3】 前記Ptの電極膜が(111)面に優先配向し、その配向度が75%以上であることを特徴とする請求項2記載の積層構造電極。

【請求項4】 Si基板上に電気的な絶縁機能を有する絶縁膜、その上に、密着機能を有する密着機能膜、その上に、電極膜としてIr又は IrO_2 又はこれら積層体のうちの少なくとも1つを有し、さらに、その上に、Pt膜が堆積されていることを特徴とする積層構造電極。

【請求項5】 Si基板上に電気的な絶縁機能を有する膜を積層し、その上に、密着機能を有する膜を積層し、その上に、電極膜としてIr又は IrO_2 又はこれら積層体のうちの少なくとも1つを積層し、さらに、その上にPt膜を積層する積層構造電極の形成方法であって、前記各膜を成膜する時の前記基板温度を 300°C 以上とすることを特徴とする積層構造電極の形成方法。

【請求項6】 請求項1乃至4のいずれかに記載の電極膜の上、又は、請求項5記載の形成方法により形成されたSi基板の電極層の上に、ガスデポジション法によりPZT系圧電セラミックス膜が積層され、その上に第2の電極膜が配置されていることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層構造電極、その形成方法、及び、前記積層構造電極又は前記形成方法によって形成された積層構造電極を用いた圧電アクチュエータに関し、より詳細には、セラミックス粒子をノズルから基板に噴射し堆積膜を得るガスデポジション法成膜において、圧電アクチュエータやセンサを製造するのにふさわしい下地積層電極膜の構造及びその形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】基板上に圧電セラミックス膜を配置し、アクチュエータやセンサ素子に利用する試みが為されている。ユニモルフ素子、バイモルフ素子として従来から製品化されている素子は、各々の材料を接合して形成する為、素子の小型化にとって不向きであった。しかし、近年、ガスデポジション法により、従来では作製が困難であった圧電セラミックスの基板上への形成が可能になり、素子の小型化に有効であることが示されつつある。

【0003】ガスデポジション法は、例えば、特許第1660799号に記載されているように超微粒子を用いた膜形成法である。真空蒸着法と同様に金属加熱源および真空容器を配置させ、金属蒸気から超微粒子を形成し、この超微粒子からなる膜を基板上に形成する。この様なガスデポジション法による金属膜の形成は、Ni、Cuなどの配線材料で実用化され、具体的には、各種プリント配線基板の断線修復や半導体装置における表面実装用パッド電極の形成などに用いられている。

【0004】一方、金属材料とは異なり、酸化物セラミックス材料の超微粒子を用いた膜形成も提案されている。例えば、特開平3-93606号公報には、Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-Oからなる酸化物超伝導厚膜の形成法が示されている。特開平4-188503号公報には、 BaTiO_3 セラミックス誘電体厚膜とその耐圧を確保する為の高分子塗膜の複合膜に関する形成法が示されている。特開平8-230181号公報、特開平8-267763号公報には、ガスデポジション法により鉛系圧電セラミックス素子を形成し、これを用いたインクジェット用プリンターヘッドへの展開が示されている。

【0005】また、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 (1997) 1159においては、Pt膜を堆積したSi基板上に、基板温度 700°C にてPZTをガスデポジション成膜し、その後、 900°C 程の高温にて熱処理を施した例が示されているが、同文献中には、下部電極膜を通過してSiとPZT膜の相互拡散が生じ、PZT膜特性が劣化することが示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述の様に、Si基板上に形成されるPZT圧電膜を電気-機械変換素子(圧電アクチュエータ)として使用する際、各種の熱履歴後、電極膜を介しての相互拡散による圧電性の劣化や、プロセス中での膜剥離等の故障が発生し、安定した素子を提供することが困難な状態にある。その原因は、基板と電極膜の密着性不良、電極膜とガスデポジション圧電膜の密着力不足、電極膜の鉛拡散、Si拡散の素子能力の低さ、等に起因していた。

【0007】本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、請求項1の発明は、圧電膜/電極界面での剥離を防ぐ為の適正化された膜厚からなる電極膜を提供すること、請求項2の発明は、圧電膜/電極界面での剥離を防ぐ為の良好なPt膜組織を提供すること、請求項3の発明は、圧電膜/電極界面での剥離を防ぐ為の良好な配向成長したPt膜を提供すること、請求項4の発明は、Si基板上に配置した電極膜の剥離を防止し、かつ、熱履歴に対し相互拡散を防げる電極膜構成を提供すること、請求項5の発明は、積層電極の各種の材料の薄膜化において良好な作製方法を提供すること、請求項6の発明は、請求項1乃至4に記載の電極対策が施された

電極膜の上に、ガスデポジション法によって形成された圧電膜を有する圧電アクチュエータを提供すること、を目的としてなされたものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、電極膜を配置したSi基板上にガスデポジション法で圧電体膜を形成してなる積層構造電極において、前記電極膜は1種以上の材料膜からなり、その膜厚が $0.15\mu\text{m}$ より厚い膜厚であることを特徴としたものである。

【0009】請求項2の発明は、電極膜を配置したSi基板上にガスデポジション法で圧電体膜を形成してなる積層構造電極において、前記電極膜がPt材料で、かつ、粒径が $0.1\mu\text{m}$ 以上の粒組織からなることを特徴としたものである。

【0010】請求項3の発明は、請求項2の発明において、前記Ptの電極膜が(111)面に優先配向し、その配向度が75%以上であることを特徴としたものである。

【0011】請求項4の発明は、Si基板上に電気的な絶縁機能を有する絶縁膜を配置し、その上に、密着機能を有する膜を積層し、その上に、電極膜としてIr又は IrO_2 、又はこれら積層体のうちの少なくとも1つを有し、さらに、その上に、Pt膜が堆積されていることを特徴としたものである。

【0012】請求項5の発明は、Si基板上に電気的な絶縁機能を有する膜を積層し、その上に、密着機能を有する膜を積層し、その上に、電極膜としてIr又は IrO_2 又はこれら積層体のうちの少なくとも1つを積層し、さらに、その上に、Pt膜を積層する積層構造電極の形成方法において、前記各膜を成膜する時の前記基板温度を 300°C 以上とすることを特徴としたものである。

【0013】請求項6の発明は、請求項1乃至4のいずれかの電極膜の上、又は、請求項5の方法によって形成された電極膜の上に、ガスデポジション法によりPZT系圧電セラミックス膜を積層し、その上に、第2の電極膜を配置してなることを特徴としたものである。

【0014】

【発明の実施の形態】(請求項1の発明)図1は、ガスデポジション装置の一構成例を示す図で、図中、11はキャリアガスボンベ、12はエアロゾルチェンバー、13はPZT圧電セラミックス微粒子、14はデポジションチェンバー、15はノズル、16はパターンマスク、17は基板ホルダー、18はX-Y-Z θ ステージ、19はバキュームシステムで、成膜原理は、PZT圧電セラミックス微粒子13をキャリアガス中に浮遊させてエアロゾル化し、このエアロゾルを高速で基板ホルダー17上の基板に噴射して膜形成するものである。ガスデポジションPZT圧電セラミックスは、堆積後の 600°C 以上の熱処理による強誘電特性、ならびに、その後の分

極処理により圧電性が出現する。従って、基板材料ならびに電極膜はこの温度以上の耐熱性や耐反応性を有する必要がある。また、ガスデポジションPZT膜と強固な密着力を発揮出来ることが要求される。窯業的知見に基づき、Pt材料はPZTセラミックスとの反応性が低く、耐熱性があることから、従来から使用されている。また、薄膜PZTの下部電極としても用いられてきた。

【0015】しかし、前述のように、PZT膜剥離などの故障が存在し、安定した積層体を作製するのは困難であった。ガスデポジション膜と下地との密着力は、図2に示すように、初期における衝突粒子が下地に食い込む、いわゆる、アンカーリング効果にて強固な密着がなされる。従って、十分な食い込みを許容する下地電極膜厚($0.15\mu\text{m}$ 以上)を提供することで、強固な密着力が得られる。

【0016】(請求項2の発明)Si基板上にPt膜をスパッタリング法により成膜するが、その膜組織はスパッタリング条件により変化する。このPt膜にガスデポジション法によってPZT膜を形成するが、その時、PZT粒子がPt膜に食い込むアンカーリング効果は、このPt膜の組織に大きく作用される。従って、成膜条件を変化させることにより膜粒径を変化させ、その上にガスデポジション膜を堆積させ、その後、膜の密着程度を評価する。膜粒径は走査型電子顕微鏡(SEM)にて30000倍の写真撮影を行い粒径を算出した。その結果、Pt粒子の粒径が $0.1\mu\text{m}$ 以上の時に十分な密着力が得られた。付着強度はテープ剥離試験をガスデポジション成膜後の膜について実施する。

【0017】(請求項3の発明)Pt電極膜は、各種スパッタ条件により結晶配向が異なる。前記と同様な試験を行い、強固な付着を得る為の膜配向を求めた。膜の配向性はXRD測定を行い、Lotgeringの示した計算法に従う。すなわち、 $\text{XRD } 2\theta/\theta$ 測定を、 2θ が $20^\circ \sim 85^\circ$ の範囲でスキャンさせ、検出される回折ピークに対し、以下の計算を行う。無配向状態の回折データはJCPDSカードデータを用いる。

【0018】各結晶面からの反射(回折)強度を $I(hkl)$ とし、それらの合計を $\Sigma I(hkl)$ とする。無配向状態における(111)反射強度の全強度に対する割合を P_0 とすると、 P_0 は式(1)で表される。

【0019】

【数1】

$$P_0 = \left\{ \frac{I(111)}{\Sigma I(hkl)} \right\}_{\text{non-oriented}} \quad (1)$$

【0020】同じように、配向した膜からの反射強度についても同様な計算を行い、その比をPとすると、Pは式(2)で表される。

【0021】

【数2】

$$P = \left\{ \frac{I(111)}{\sum I(hkl)} \right\}_{oriented} \quad (2)$$

【0022】前記式(1)、(2)で求めたP0とPから配向度Fを求めるが、その配向度Fは式(3)のように定義される。

【0023】

【数3】

$$F = \frac{P-P_0}{1-P_0} \quad (3)$$

【0024】実際の反射強度はピークの積分面積、または、ピーク高さより求めて良い。Pt膜の(111)配向度が75%以上の時に良好な密着力が得られる。これは、Pt膜強度が膜配向により変化し、結果として付着力の向上にいたるものと考えられる。

【0025】(請求項4の発明)Pt電極膜は電気的に絶縁体であるSiO₂膜等の上に配置される。または、直接Si基板上に配置される。しかし、これら下地とPt膜との密着力は乏しいため、一般に、両者に相性の良い密着膜が薄く配置される。この密着膜として、従来からTi、Ta、Crなどが用いられてきた。しかし、これらの膜は600℃以上の熱履歴により、Pt膜と反応し、Pt膜内に取り込まれる、または、Pt膜を透過して来る酸素により酸化反応をし、密着膜としての機能を低減させる。したがって、Ptと密着膜との間にIt系材料からなる膜を配置することにより、このPt膜の剥離を防止する。Ir膜、または、IrO₂膜は導電性であり、本発明では、これら膜とPt膜を電極膜として定義している。Pt/Ir/密着膜/SiO₂/Siなる基板に対し、PZTガスデポジション膜を形成し、熱処理後のPZT膜の付着強度を試験する。

【0026】(請求項5の発明)上述の様な密着膜を有する積層膜を再現性よく安定して作製する為のスパッタリング条件のうち、基板温度を適正化する。密着膜、及び、その上部に成膜される電極膜を基板温度300℃以上で成膜するのが密着膜/下地界面の剥離防止に効果的であった。

【0027】(請求項6の発明)上述の様な各対策を施した電極膜の上にガスデポジション法によってPZT膜を成膜し、熱処理を施し、その上に、上部電極を配置

し、分極処理を施す。次に、膜堆積面の裏面より、Si基板をエッチングして、部分的に薄層化した構造体を形成する。電界印加に対する圧電歪みによる膜変形を計測し、電気-機械変換素子(圧電アクチュエータ)の機能を確認する。

【0028】実施例1(請求項1に対応)

表1にPZTガスデポジション条件を示す。

【0029】

【表1】

粉体	PZT(52/48)
キャリアガス種	He
流量(SLM)	4
成膜室圧力(Torr)	2
基板種	表2参照
基板温度(℃)	400~600
膜厚(μm)	50

【0030】図2は、Si基板上への成膜例であるが、PZT粒子がSi基板にめり込み、良好なアンカーリング効果が得られている。この基板-膜遷移層の厚さは、約0.15μmにおよんでいた。これよりアンカー効果による密着力確保と、それを許容させる電極膜の厚さが推定され、以下の実験を試みた。

【0031】スパッタリングでPt/Ti膜をSiO₂付きSi基板上に成膜し、密着層Ti膜厚を50nmに固定し、Ptの膜厚をスパッタ時間を変化させることにより、各種の膜厚を準備した。表2に、Pt膜厚とガスデポジションPZT膜のテープ剥離試験の結果を示す。

【0032】

【表2】

Pt膜厚(μm)	PZT密着力
0.05	×
0.10	×
0.15	○
0.30	○
0.60	○
1.00	○

【0033】実施例2(請求項2に対応)

表3に、Pt膜形成のスパッタリング条件を示す。また、図3に典型的なSEM写真を示す。複数の写真撮影を行い、無作為に直線を引き、この線に交わる粒子の径を測定する。サンプル数は100点以上行い、相加平均から粒径を求めた。表4に、Pt膜粒径とガスデポジションPZT膜のテープ剥離試験の結果を示す。

【0034】

【表3】

スパッタ方式	DCマグネトロンスパッタ
ターゲット	Pt
スパッタガス	Ar
スパッタ圧力(Pa)	0.3~8
投入パワー密度(W/cm ²)	0.5~1.2
基板温度(℃)	R.T~600
膜厚(μm)	0.3

【0035】

【表4】

Pt 粒径 (μm)	PZT 密着力
0.07	×
0.11	○
0.18	○
0.28	○
0.40	○

【0036】実施例3 (請求項3に対応)

図4に、典型的なPt膜のXRDパターンを示す。配向度を極端に低下させる為に、配向度70%以下のPt膜作製には、スパッタガスに微量の O_2 ガスを添加させた。Pt膜厚は $0.3\mu\text{m}$ である。表5に、Pt(111)配向度とガスデポジションPZT膜のテープ剥離試験の結果を示す。

【0037】

【表5】

Pt(111)配向度 (%)	PZT 密着力
62	×
70	×
76	○
88	○
91	○

熱処理 (°C)	Pt/Ti	Pt/Ta	Pt/Ir/Ta
なし	10/10	10/10	10/10
600	8/10	9/10	10/10
650	2/10	7/10	10/10
700	1/10	1/10	10/10

【0040】Ti密着層は熱処理中に酸化され、密着膜としての機能を消失させる。Ta膜も同様に好ましくない結果を示す。ただし、 650°C 以上ではTiより優位である。Ir膜を配置することにより、密着膜の機能は保持される。

【0041】実施例5 (請求項5に対応)

表3に示した条件でスパッタリング成膜をした場合、スパッタ粒子のエネルギーが各条件により変化し、膜質も変化する。しかし、スパッタ圧力、ターゲット投入パワー

【0038】実施例4 (請求項4に対応)

密着膜にTa、第1の電極にIr、第2の電極にPtをそれぞれマグネトロンスパッタ法にて成膜した。層構成はPt(300)/Ir(300)/Ta(100)/ SiO_2 (800)/Si基板である。ただし、()内の数字は厚さを示し、単位はnmである。ガスデポジションPZT膜を成膜した後、第1のテープ剥離試験を実施した。さらに、実プロセスに即した熱処理を行った。処理温度は 600 、 650 、 700°C の3水準で、時間は2時間とした。熱処理後、テープ剥離試験を行った。試料数は10とした。比較として、次の試料：Pt(600)/Ti(100)/ SiO_2 (800)/Si、Pt(600)/Ta/ SiO_2 (800)/Siについて同様に行った。表6に、その結果を示す。表6中の数字は剥離試験にて膜剥離が生じなかったものの数を分子に、試料数を分母に示す。

【0039】

【表6】

に対する膜質依存は少なく、主に、基板温度が膜質を決定的に支配することがわかった。実施例4のPt/Ir/Ta膜を各温度でスパッタ成膜し、 600°C 熱処理後のガスデポジションPZT膜剥離試験を行った。剥離した試料は全て密着膜/ SiO_2 界面で発生した。表7に、その結果を示すが、全ての膜を 300°C 以上で成膜することで不良は発生しない。

【0042】

【表7】

番号	Ta (°C)	Ir (°C)	Pt (°C)	剥離数 検体：10
1	室温	室温	室温	10
2	200	200	200	8
3	室温	300	300	6
4	300	室温	300	6
5	300	300	300	0
6	400	400	400	0

【0043】実施例6 (請求項6に対応)

図5に示す構成のアクチュエータを作製した。図5において、上層から、上部電極(Au)21、ガスデポジションPZT($50\mu\text{m}$)22、Pt/Ir/Ta/ SiO_2 23、Si基板($650\mu\text{m}$)24である。電極膜等は前述の実施例4と同じである。また、裏面より堀加工Aを施した部位のSi基板24の厚さは $170\mu\text{m}$ で

ある。なお、図中、Dは $6\times 6\text{mm}$ 、PZTの幅dは $5\times 5\text{mm}$ である。

【0044】Si基板24上に各膜を成膜した(前述までの実施例と同じ条件)。次に、 600°C 熱処理を行った。PZT面積とはほぼ等しい面積で、上部電極21をスパッタリングにて成膜した。下地電極23と上部電極21に電界を印加し、分極処理を行い、最後に、堀加工部

AをKOHアルカリ溶液にてエッチング処理を行った。0-100Vのパルス信号を印加し、振動変位をレーザー変位計で測定した。図6に、その結果を示す。図6に示すように、試料は周辺固定端平板歪みに対応した理想的な振動変位を示す。また、周波数帯域も広く10kHz以上においても変位は一定であり、100V印加時の最大変位は1.6 μ mであった。

【0045】

【発明の効果】請求項1の発明は、電極膜を配置したSi基板上にガスデポジション法で圧電膜を形成してなる積層構造電極において、前記電極膜を1種以上の材料膜とし、その膜厚を0.15 μ mより厚くすることにより、圧電膜／電極膜界面での剥離防止が出来た。

【0046】請求項2の発明は、電極膜を配置したSi基板上にガスデポジション法で圧電膜を形成してなる積層構造電極において、前記電極膜をPt材料とし、かつ、粒径を0.1 μ m以上の粒組織とすることにより、圧電膜／電極膜界面での剥離防止が出来た。

【0047】請求項3の発明は、請求項2の発明において、前記Ptの電極膜を(111)面に優先配向し、その配向度を75%以上とすることにより、圧電膜／電極膜界面での剥離防止が出来た。

【0048】請求項4の発明は、Si基板上に電気的な絶縁機能を有する膜、その上に、密着機能を有する膜、その上に、電極膜としてIr又はIrO₂又はこれら積層体のうちの少なくとも1つを有し、さらに、その上に、Pt膜が堆積されているようにしたので、密着膜機能の低減が防止され、密着膜／下地界面剥離が防止できた。

【0049】請求項5の発明は、Si基板上に電気的な絶縁機能を有する膜を積層し、その上に、密着機能を有する膜を積層し、その上に、電極膜としてIr又はIrO₂又はこれら積層体のうちの少なくとも1つを積層

し、さらに、その上に、Pt膜を積層する積層構造電極の形成方法において、前記各膜を成膜する時の前記Si基板の温度を300℃以上としたので、密着膜機能の低減が防止され、密着膜／下地界面剥離が防止できる、電気-機械変換素子が出来た。

【0050】請求項6の発明は、請求項1乃至4のいずれかに記載の電極膜の上、又は、請求項5記載の電極膜形成方法により形成されるSi基板上の電極層の上に、ガスデポジション法によりPZT系圧電セラミックス膜が積層され、その上に、第2の電極膜が配置されるようにしたので、密着膜機能の低減が防止され、密着膜／下地界面剥離が防止できる、電気-機械変換素子が出来た。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ガスデポジション装置の一構成例を示す図である。

【図2】 Si基板上への成膜例を示す図である。

【図3】 典型的なSEM写真を示す図である。

【図4】 典型的なPt膜のXRDパターンを示す図である。

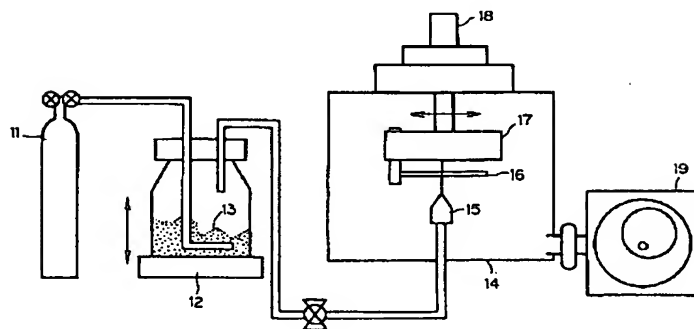
【図5】 本発明による圧電アクチュエータの一例を示す図である。

【図6】 本発明による圧電アクチュエータの振動変位を示す図である。

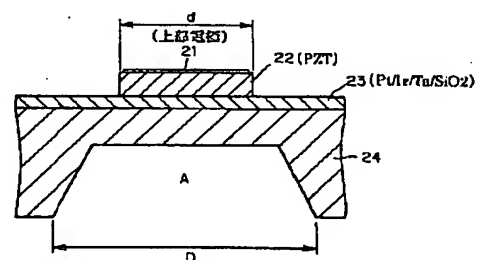
【符号の説明】

11…キャリアガスボンベ、12…エアロゾルチェンバー、13…PZT圧電セラミックス微粒子、14…デポジションチェンバー、15…ノズル、16…パターンマスク、17…基板ホルダー、18…X-Y-Z θ ステージ、19…バキュームシステム、21…上部電極、22…ガスデポジションPZT、23…Pt/Ir/Ta/SiO₂膜、24…Si基板。

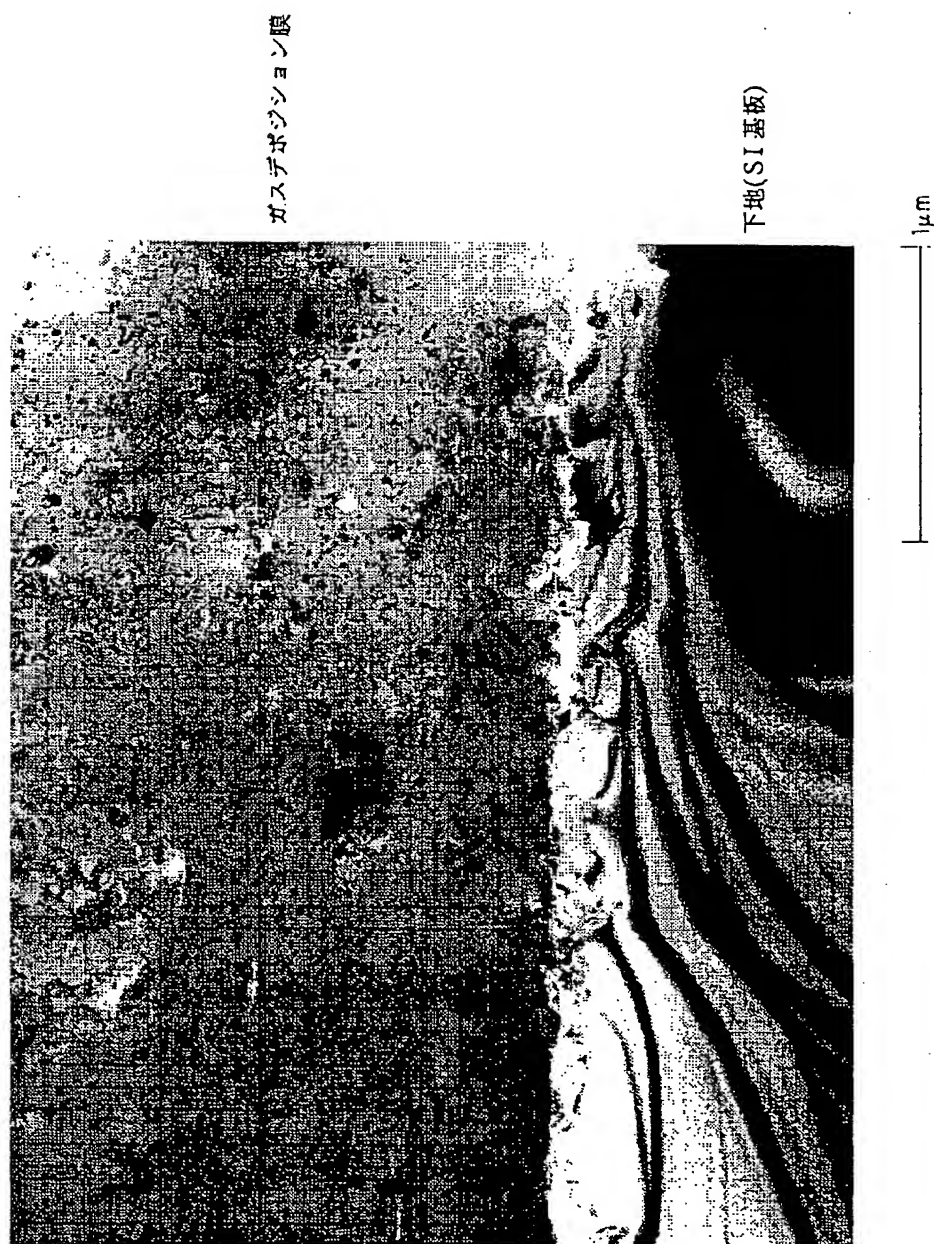
【図1】



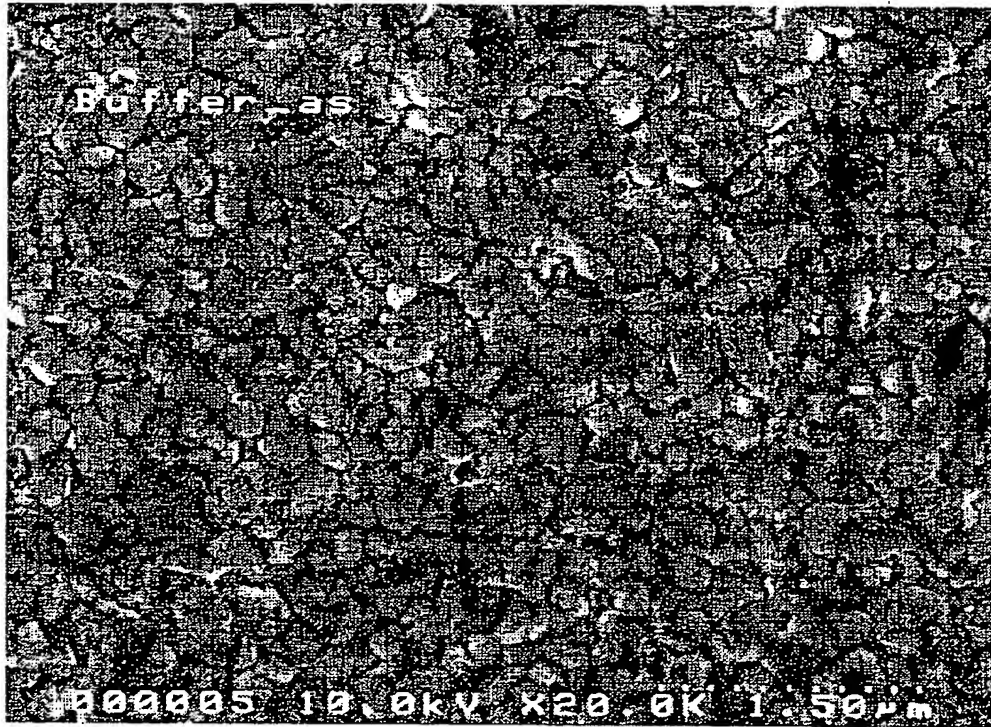
【図5】



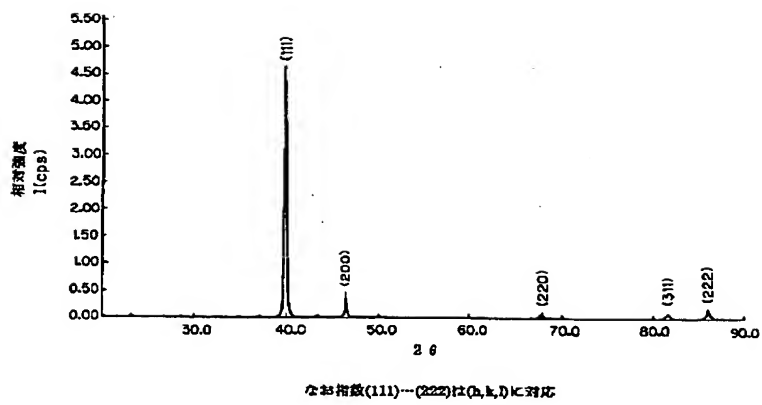
【図2】



【图3】



【图4】



:(9) 001-156351 (P2001-15JL8

【图6】

